

Perseguidor de partículas cósmicas

O belga Francis Halzen foi laureado com o Prêmio Nobel de Física 2026 pela concepção do IceCube, um observatório de neutrinos que chegam do espaço construído na imensidão gelada da Antártida

» PALOMA OLIVETO

A ideia de transformar o gelo do Polo Sul em um gigantesco observatório do Universo rendeu ao físico belga Francis Halzen, 82 anos, o Prêmio Nobel de Física de 2026. No extremo austral do planeta, sob quilômetros de gelo, está o IceCube Neutrino Observator. Ele não funciona como um telescópio convencional: em vez de captar luz emitida por estrelas e galáxias, a instalação procura partículas quase invisíveis, os neutrinos, capazes de atravessar enormes distâncias cósmicas praticamente sem interagir com a matéria.

Pesquisador da Universidade de Wisconsin-Madison, nos Estados Unidos, Halzen lançou as bases de um novo tipo de astronomia ao propor, ainda na década de 1980, o uso do gelo glacial da Antártida para capturar neutrino, partícula descrita pelo Nobel de física como “a mais tímida do Universo”.

Sem carga elétrica e com massa quase nula, o neutrino passa pela matéria despercebido, porque raramente colide com o núcleo de um átomo. A quantidade dessas partículas que atravessam a Terra, porém, é extraordinária — a cada segundo, 65 bilhões, provenientes do Sol, transpõem uma área equivalente à unha do dedo mínimo, sem que ninguém se dê conta disso.

É justamente pela dificuldade de detectá-lo que o neutrino é tão valioso. Como interage pouco com a matéria, a partícula pode percorrer distâncias enormes carregando informações sobre os locais onde foi produzida. Aquela que chega de regiões longínquas funciona como um mensageiro de fenômenos que os telescópios tradicionais não conseguem observar completamente.

Avanços

Halzen chegou ao Polo Sul pela física de partículas. Ele se interessou pela área com os avanços da década de 1960, quando, entre outras novidades, foi proposto o bóson de Higgs, jamais detectado por aceleradores terrestres. Após concluir o doutorado na Bélgica, o pesquisador se mudou para os Estados Unidos. Lá, soube que os soviéticos planejavam utilizar receptores de rádio para detectar sinais produzidos por neutrinos na Antártida. A ideia chamou sua atenção.

Quando um neutrino colide com o núcleo de um átomo no gelo, pode produzir uma partícula carregada, que culmina em um clarão azul. Halzen percebeu que, em vez de procurar ondas de rádio, seria possível instalar sensores de luz dentro do gelo e ir atrás desses flashes.

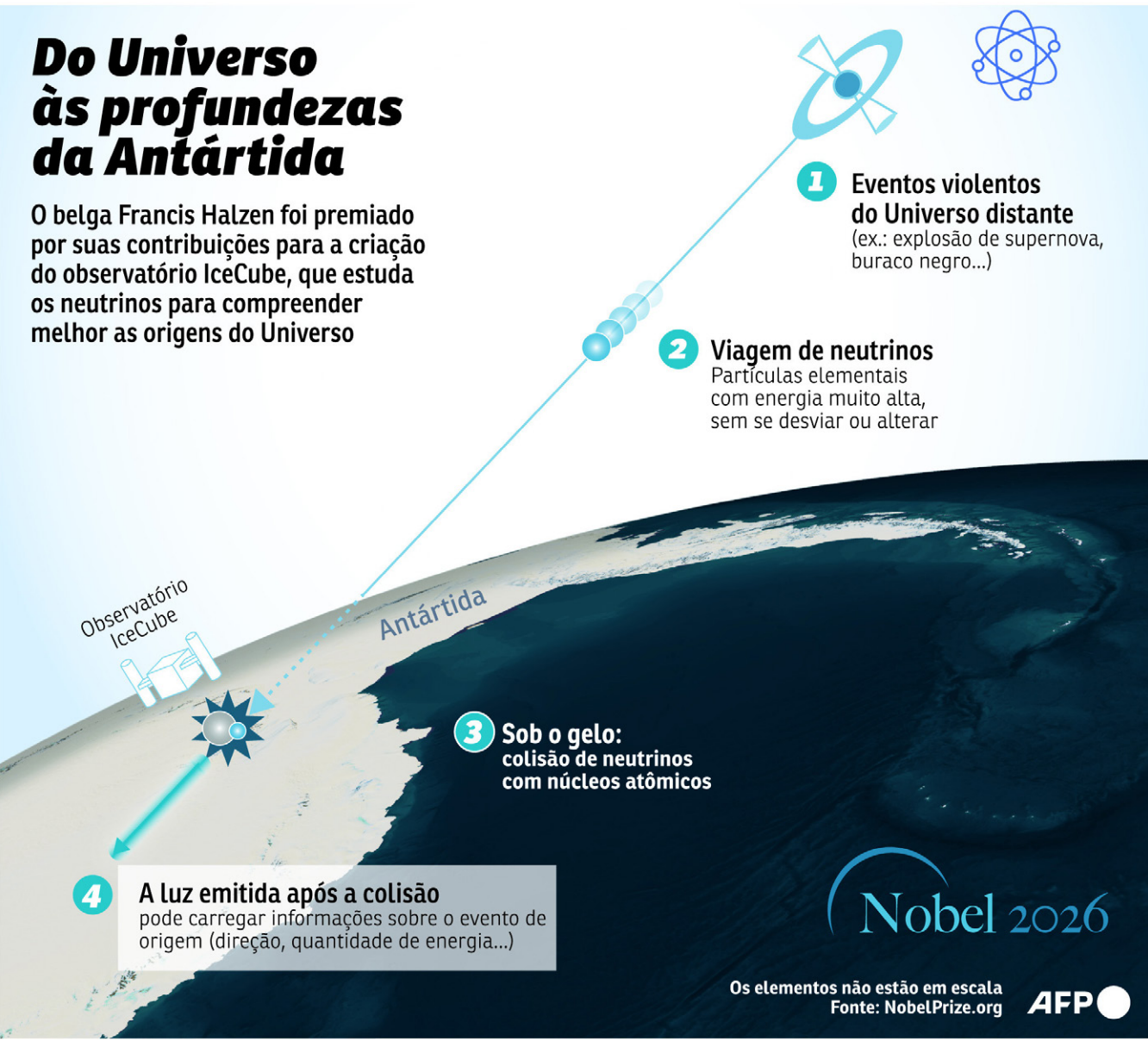
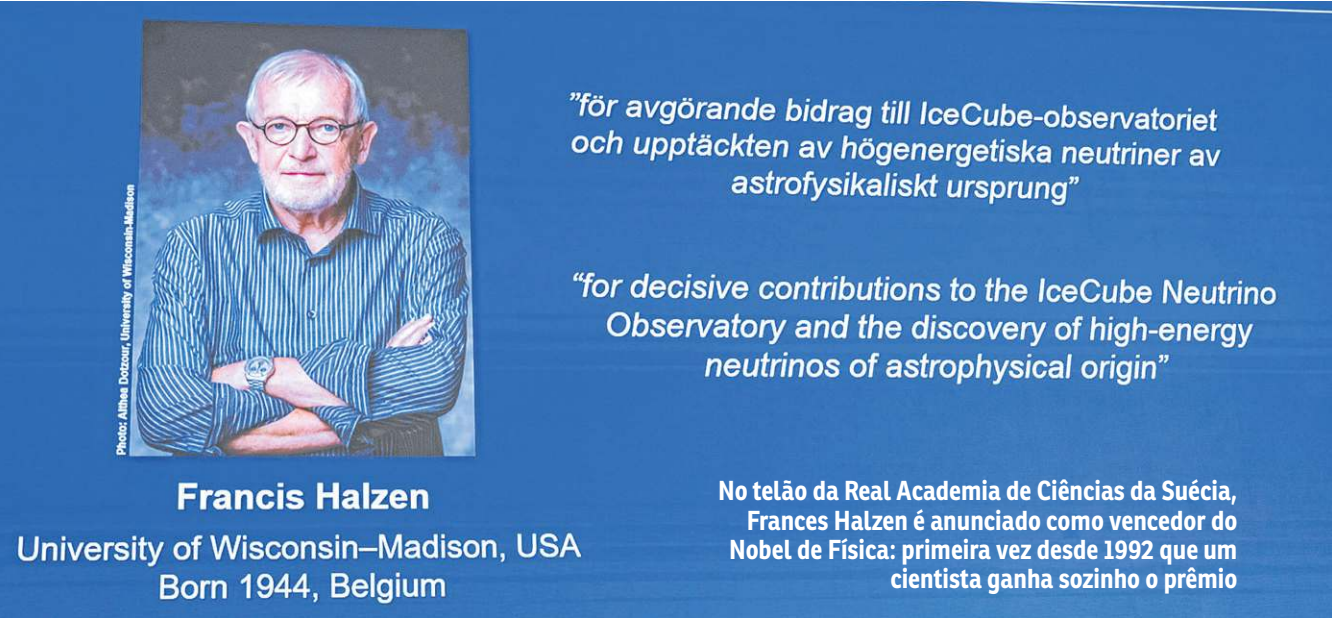
A ideia não surgiu do nada. Por volta de 1960, alguns físicos já haviam sugerido que a água poderia ser utilizada como material para detectar neutrinos vindos do espaço. Quando ocorre uma colisão — evento raro — uma partícula carregada é produzida e emite luz azul. Como a água é transparente, esse clarão pode ser capturado.

O princípio, porém, depende de uma condição fundamental: um volume muito grande de material para aumentar as chances de registrar as raras colisões. A proposta de Halzen foi usar gelo natural, em vez de água.

Estação

Para Halzen, o Polo Sul era vantajoso porque já havia uma estação de pesquisa na região, com estrutura de transporte e condições para receber equipes científicas. Além disso, o gelo local tinha características favoráveis. Em grandes profundidades, a escuridão é constante. Não há, como no oceano, interferência provocada

AFP



por organismos vivos, e os níveis de substâncias radioativas são baixos.

O primeiro desafio foi instalar instrumentos a quilômetros de profundidade no gelo. Para isso, os cientistas usaram uma espécie de chuvaire, que derrete as camadas congeladas com água quente. Depois, um longo cabo contendo sequências de sensores luminosos eram baixados pelo buraco. Halzen os compara a uma lâmpada ao contrário: em vez de produzir luz, o instrumento a captura e depois a transforma em sinal elétrico.

O primeiro observatório no Polo Sul foi o Amanda, que possibilitou pesquisas sobre as propriedades do gelo em diferentes profundidades, além da observação dos flashes azuis produzidos pelo neutrinos, que percorriam 300m antes de serem absorvidos. O IceCube — 1km³ de gelo equipado com sensores de luz — ficou pronto em 2011. Ao todo, foram instaladas 5.160 “lâmpadas

ao contrário” distribuídas por 86 cabos, em profundidades entre 1.450m e 2.450m.

Comprometido

Ao longo dos anos, Halzen continuou atuando no projeto. Ele se descreve como “um pesquisador comprometido e entusiasmado”, responsável por levar os projetos desde a etapa da ideia até as medições completas e os resultados científicos. O segundo grande desafio do físico nessa empreitada foi separar os sinais dos neutrinos provenientes de regiões distantes do cosmos das mais de 100 milhões de partículas que atingem a atmosfera sobre a Antártida.

Para isso, os pesquisadores analisaram eventos selecionados nos quais neutrinos haviam interagido com o gelo. Em 2013, a equipe publicou as primeiras evidências de que realmente havia encontrado as partículas

cósmicas. Dois anos depois, com uma quantidade muito maior de dados, os cientistas já tinham certeza da descoberta, dando início à busca pelas fontes desses discretos blocos construtores de matéria do Universo.

“A premiação deste ano distingue uma pesquisa em ciência básica de grande relevância e originalidade, a origem de fascinantes partículas, os neutrinos, que povoam fartamente nosso universo”, define Constantino Tsallis, pesquisador do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) e membro titular da Academia Brasileira de Ciências. “Essas partículas parecem vir dos misteriosos buracos negros supermassivos que povoam o Cosmos, astronomicamente longe de nós. Isso abre as portas a uma nova forma de astronomia, utilizando estas partículas de massa quase nula, em vez da tradicional luz dos povos antigos, de Galileo, de Chandrasekhar etc”, diz.

Palavra de especialista



Múltiplas aplicações

A busca por fontes fora da nossa galáxia capazes de gerar sinais detectáveis em detectores terrestres motivou uma geração de físicos e astrônomos. Os recentes sinais observados pelo IceCube em energias de PeV (10^15 eV) mudaram a forma de sondar o Universo. Como os neutrinos são partículas elementares que interagem através da força fraca com outras partículas, percebemos que, para entender alguns mistérios do universo, a busca multimensageira é o caminho natural para o futuro da ciência.

Esses dados são capazes de fornecer informações sobre matéria escura, física além do modelo padrão, e processos astrofísicos extragalácticos. Descobertas nessa direção impulsionam a complementaridade entre astrofísica, astronomia e física de partículas, ou seja a Física de Astropartículas. Uma das principais aplicações e inovações tecnológicas derivadas do projeto são sensores de luz de alta sensibilidade e durabilidade. Outro exemplo de aplicação é na engenharia de perfuração e logística criogênica. O IceCube exigiu a perfuração de buracos com mais de 2km de profundidade usando jatos de água quente sob altíssima pressão. Essas técnicas refinadas de derretimento controlado de gelo e manutenção de integridade estrutural em calotas polares são utilizadas hoje por glaciologistas, microbiologistas e climatologistas para extrair testemunhos de gelo antigos perfeitos, essenciais para pesquisas sobre as mudanças climáticas e a busca por vida em ambientes extremos.

Por último, assim como todas as pesquisas em física de altas energias, o desenvolvimento de sistemas de computação de alto rendimento e big data foi fundamental para filtrar bilhões de eventos de partículas por ano para isolar apenas alguns poucos neutrinos espaciais. Esse ecossistema de processamento paralelo otimiza processos em setores comerciais que exigem processamento massivo de dados em tempo real, como o mercado financeiro e a modelagem preditiva de inteligência artificial.

Farinaldo Queiroz, pesquisador do Instituto Internacional de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte e cientista apoiado pelo Instituto Serrapilheira

Próximo instrumento poderá ajudar a identificar novas fontes de neutrinos

Encontrar um neutrino de alta energia e determinar sua trajetória pode permitir aos cientistas identificar a região do Universo onde as partículas responsáveis pelos raios cósmicos foram aceleradas. O IceCube, que rendeu ao físico belga Francis Halzen o Prêmio Nobel de Física de 2026, já encontrou alguns possíveis candidatos.

Um deles é a galáxia ativa NGC 1068, também conhecida como M77. Dos neutrinos registrados pelo observatório, 79

parecem vir da direção desse aglomerado estelar. O próprio Nobel ressalta, porém, que a evidência ainda não é suficientemente robusta para afirmar definitivamente que NGC 1068 é uma fonte de neutrinos.

Nos últimos anos, os pesquisadores do IceCube também conseguiram observar neutrinos de alta energia provenientes da Via Láctea. A expectativa é que essas partículas sejam produzidas quando a radiação cósmica colide com átomos do gás

rarefeito existente entre as estrelas.

Nova geração

Segundo Halzen, vários outros telescópios de neutrinos estão em diferentes estágios de desenvolvimento no Hemisfério Norte. Ao contrário do IceCube, esses instrumentos utilizam água, e não gelo. No Polo Sul, a próxima geração do observatório está sendo planejada. O IceCube-Gen2

deverá ampliar o volume de 1km³ para 3km³ de gelo. A expectativa é de que, com uma quantidade mais elevada de sensores e uma área muito maior para registrar as raríssimas interações, seja possível identificar novas fontes de neutrinos e compreender melhor os processos que aceleram partículas a energias extremas.

“O que mais me alegra, além de ganhar o Prêmio Nobel, é que espero que isso sirva para reconhecer as pessoas

realmente corajosas que se juntaram a mim no início deste projeto”, afirmou Halzen, ao ser informado sobre a premiação. Para Erin O’Sullivan, astrofísica de neutrinos da Universidade de Uppsala, na Suécia, e porta-voz do IceCube, porém, a láurea é toda do cientista belga. “Ele foi realmente o grande impulsionador de todo o projeto e o acompanhou desde o início”, disse, citada pela agência France-Presse (AFP).

Hoje, a Real Academia Sueca de Ciências, responsável pela premiação, anuncia o ganhador da categoria Química. (PO)